

Application Note

如何利用 BQ25822 实现独立式大功率超级电容器备用电源设计



Christian Moyer

摘要

该应用手册概述了采用 BQ25822 充电器 IC 的大功率超级电容器备用系统设计。文中探讨了系统负载管理、充电电流控制、转换器效率等关键设计考量，以此验证系统能否实现可靠且高效的运行。测试结果证实，BQ25822 是大功率超级电容器备用电源应用场景下的优选设计方案。

内容

1 简介.....2

2 BQ25822 概述.....2

3 借助 BQ25822 实现大功率超级电容器备用电源设计.....3

4 BQ25822 评估.....5

 4.1 设备.....5

 4.2 BQ25822 EVM 设置.....6

 4.3 评估和结果.....7

5 总结.....8

6 参考资料.....8

插图清单

图 3-1. BQ25822 超级电容器备用电源设计.....3

图 4-1. 正向至反向模式的转换恢复.....7

图 4-2. 正向至反向模式的转换恢复.....7

图 4-3. 正向至反向模式的转换时间.....7

图 4-4. 正向至反向模式的转换恢复.....7

图 4-5. 正向模式电流控制.....7

图 4-6. 反向模式电流控制.....7

图 4-7. 正向模式效率 (9 节串联电池配置)8

图 4-8. 反向模式效率 (9 节串联电池配置)8

表格清单

表 3-1. 建议元件 :4

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

在大功率系统中，快速瞬态负载条件会造成瞬时和高电流需求，这些需求可能会超出主电源的动态响应能力。在很多情况下，电源的设计无法提供全部峰值功率，或者响应速度不足以满足瞬态需求。因此，在负载不断变化的情况下保持相对稳定的输入特性至关重要。

BQ25822 与超级电容器等本地储能元件配合使用时，能为应对这些挑战提供有效的设计方案。这种方案可实现快速的瞬态响应和可靠的峰值功率输出，同时减轻主电源的压力。其实现方式是：在峰值功率事件期间释放本地储能；在轻负载条件下进行充电；在负载适中时动态调整充电电流，以最大限度地提高整体效率

2 BQ25822 概述

BQ25822 是一款多化学物降压充电控制器，具有 4.2V 至 70V 的宽输入工作电压范围，专为支持锂离子/锂聚合物、磷酸铁锂电池和超级电容器的充电应用而设计。该充电器配备硬件可编程参数限制功能，包括充电电流 (ICHG)、充电调节电压 (VCHG)、输入电流限制 (ILIM_HIZ) 及欠压/过压保护 (ACUV/ACOV)，通过 ILIM_HIZ 和/或 ICHG 引脚直接控制正向与反向电流幅度，既可实现主机控制，也可构建完全独立运行的系统。

BQ25822 的主要优势之一是双向功率流能力与快速切换，可实现充电模式与放电模式之间的无缝切换。该器件在正向充电模式与反向放电模式间的切换时间仅约 150 μ s。极短的切换时间可最大限度降低延迟，使系统能快速响应负载变化，并在动态工况下保持稳定运行。

BQ25822 还集成了动态电源管理 (DPM) 功能，可持续监测输入电流和电压，并动态降低或增加充电功率，以保持充电器的稳定运行，而不会使输入电源过载。此外，BQ25822 支持 $\pm 3\%$ 的充电电流调节精度，最大充电电流达 40A，可实现对充电曲线的精确控制。该精度水平有助于验证电池/超级电容器是否安全且高效地充电，从而有效减轻电池承受的应力并延长整体系统寿命。针对更高功率的应用场景，BQ25822 可采用堆叠方式，让多个器件并联工作，突破单相位器件的能力限制，扩展系统整体性能。

3 借助 BQ25822 实现大功率超级电容器备用电源设计

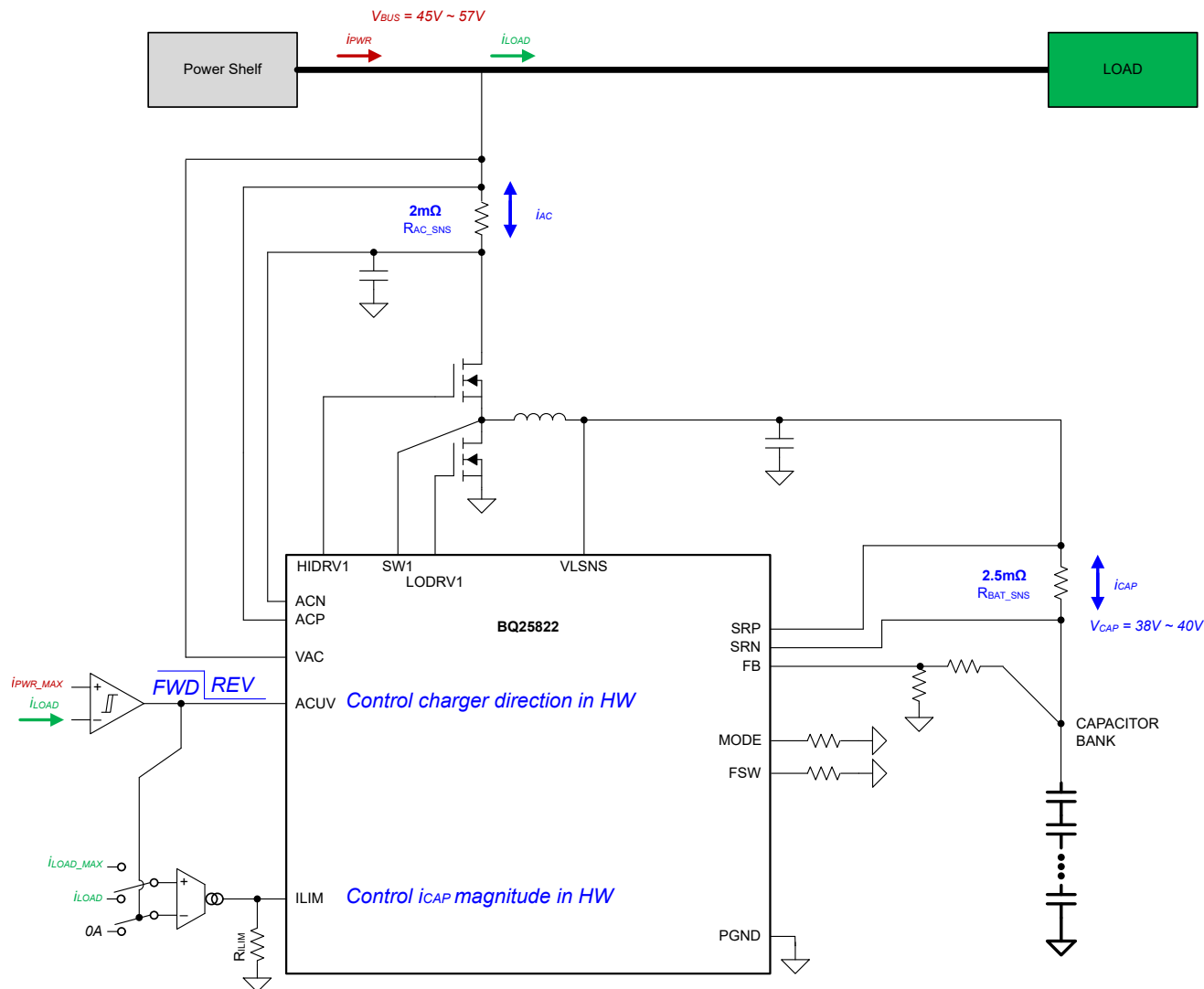


图 3-1. BQ25822 超级电容器备用电源设计

要在超级电容器备用电源应用中使用 BQ25822，可采用简化的控制架构来管理电流的流向与幅度。流向控制由比较器完成，该比较器将负载电流与主电源的最大可用电流进行对比，确保仅在需要时才输出补充电流。当系统负载电流 (i_{LOAD}) 小于最大可用功率 (i_{PWR_MAX}) 时，ACUV 引脚被拉高，BQ25822 在正向充电模式下运行。如果 i_{LOAD} 超过 i_{PWR_MAX} ，ACUV 引脚被拉至低电平，BQ25822 立即转换至反向模式以提供补充电流。幅度控制通过向 ILIM_HIZ 引脚注入基准电流来实现，使运算跨导放大器 (OTA) 能够根据系统负载条件 i_{LOAD} 实时调整正向或反向补充电流。

在设计 BQ25822 超级电容器备用电源时，必须考虑几个关键参数来验证可靠运行。以下示例展示了 20kW 应用场景下的此设计流程。该流程首先需确定标称总线电压，系统最大负载及主电源的最大可用功率

$$V_{BUS_nom} = 54V \quad (1)$$

$$I_{PWR_max} = 370A \quad (2)$$

$$I_{Load_max} = 740A \quad (3)$$

接下来，定义超级电容器组的充电和放电限制，以及瞬态负载期间所需的补充功率。

$$V_{\text{Cap_chg}} = 46\text{V} \quad (4)$$

$$V_{\text{Cap_dschg}} = 39\text{V} \quad (5)$$

$$P_{\text{Cap_Supplement}} = (V_{\text{BUS_nom}} \times I_{\text{Load_max}}) - (V_{\text{BUS_nom}} \times I_{\text{PWR_max}}) = 20\text{kW} \quad (6)$$

$$I_{\text{Cap_Supplement}} = \frac{P_{\text{Cap_Supplement}}}{V_{\text{Cap_dschg}}} = 515\text{A} \quad (7)$$

根据这些数值，基于指定的保持时间 $T_{\text{Supplement}}$ 来计算所需的储能和最小电容，以验证在瞬态负载事件期间具备足够的备用能力：

$$T_{\text{Supplement}} = 0.25\text{s} \quad (8)$$

$$E_{\text{req'd}} = P_{\text{Cap_Supplement}} \times T_{\text{Supplement}} = 5,000\text{J} \quad (9)$$

$$C_{\text{req'd}} = \frac{2 \times E_{\text{req'd}}}{(V_{\text{Cap_chg}})^2 - (V_{\text{Cap_dschg}})^2} = 20\text{F} \quad (10)$$

最后，依据每相 40A 的电流限制，确定并联的 BQ25822 器件数量，确保电流均匀分配，并满足大功率设计的扩展性需求。

$$n_{\text{Phase}} = \frac{I_{\text{Cap_Supplement}}}{40} = 15 \quad (11)$$

备注

在使用 BQ25822 进行大功率应用设计时，元件选择和 PCB 布局在验证高效率、热可靠性和安全运行方面发挥着关键作用。开关 MOSFET 和电感器需选择具备足够电气额定值与热裕度的型号，以承受大电流与开关损耗。仅通过 PCB 铜箔面积未必能完全为充电器散热，因此可能需要外部冷却（如气流散热或加装散热片）。

表 3-1. 建议元件：

元件	值	建议的器件型号
开关 MOSFET	80V, 2.9mΩ	IAUT165N08S5N029
电感器	4.7 μH、4.5mΩ	VCMI177T-4R7MN5

4 BQ25822 评估

为演示 BQ25822 超级电容器备用电源的操作，将两个 BQ25822 评估模块 (EVM) 并联连接，以提高备用电源充电的可用功率。在此配置中，通过 ACUV 引脚上的机械开关控制电流流向，通过 ILIM_HIZ 引脚上的 PWM 信号控制电流幅度

备注

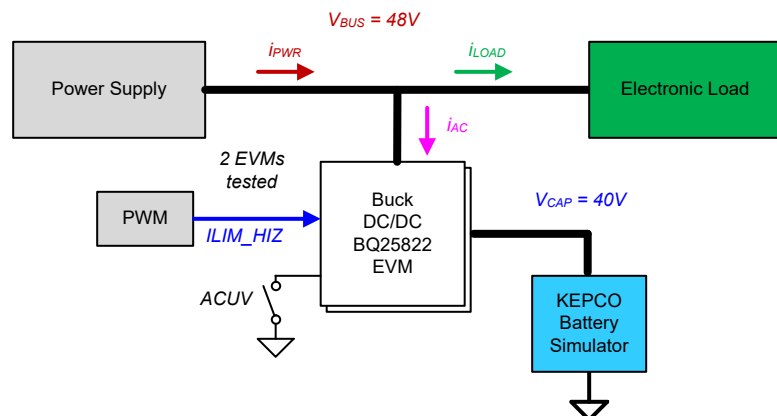
由于受设备限制，正向模式的评估在 20A 充电电流下开展，反向模式的评估在 10A 放电电流下进行。

4.1 设备

要测试 BQ25822 超级电容器备用电源的功能，需要以下设备：

1. **TI EVM：**
 - a. 两个 BQ25822 EVM
2. **电源**
 - a. 一个能够提供 48V 电压、40A 电流的电源。建议使用 Chroma 62012P-100-50 或等效器件
3. **本地储能元件：**
 - a. 能够在 20A 电流下提供 40V 电压的四象限或两象限电源。Kepco：建议使用 BOP 50-20MG 或等效器件
 - b. 在没有实际电池的情况下进行测试时，请将 2000 μ F 的电容连接到两/四象限电源的输入端。
4. **负载：**
 - a. 恒流模式下运行的电子负载。建议使用 Kikusui PLZ164WA 或等效器件
5. **ACUV 引脚控制器**
 - a. 建议使用机械开关、函数发生器或等效器件来切换 ACUV 信号，以实现正向和反向模式之间的转换。
6. **函数发生器**
 - a. 函数发生器用于向 ILIM_HIZ 引脚提供 PWM 信号，以模拟 OTA 的性能，并控制正向和反向电流的幅度。

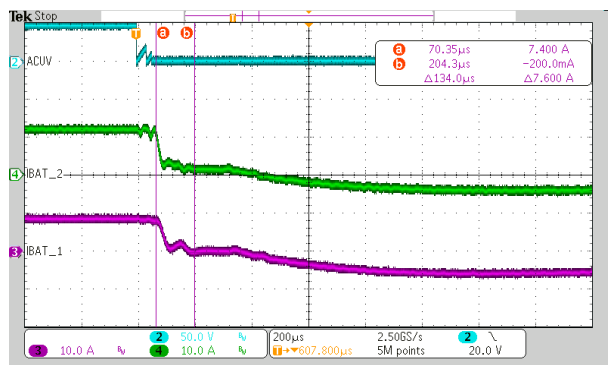
4.2 BQ25822 EVM 设置



按照以下步骤评估 BQ25822 超级电容器备用电源的功能

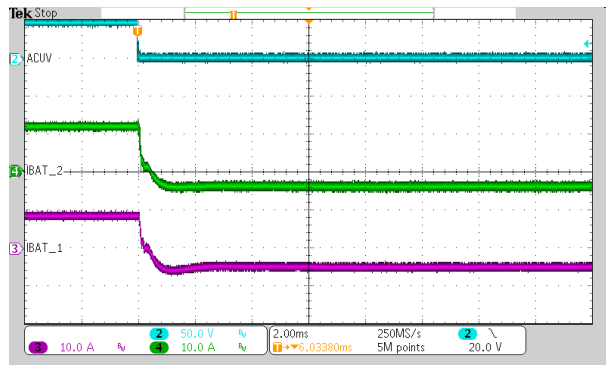
1. 将 48V 电源连接至两个 EVM 的输入端 (J1)。
2. 将电子负载与电源并联连接。
3. 将 40V 本地存储元件连接到两个 EVM 的输出端 (J3)。
4. 将两个 EVM 的 ACUV 引脚互联，并接入一个机械开关或类似装置，用于在正向模式和反向模式之间切换。将 ACUV 拉至低电平以进入反向模式，拉至高电平以进入正向模式
5. 将两个 EVM 的 ILIM_HIZ 引脚互联，并将 PWM 信号接入 ILIM_HIZ 引脚，以实现动态电流限制调节

4.3 评估和结果



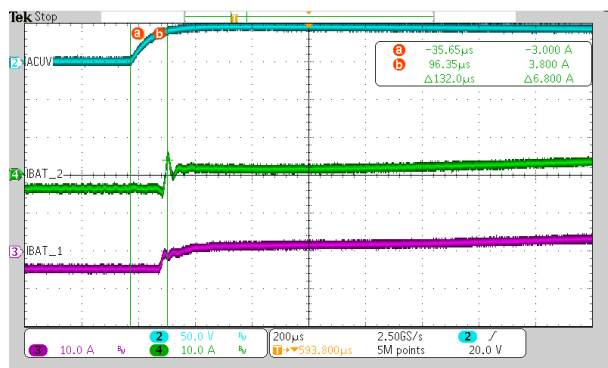
当 ACUV 被拉至低电平时, BQ25822 会在 150µs 内转换为反向补电模式

图 4-1. 正向至反向模式的转换恢复



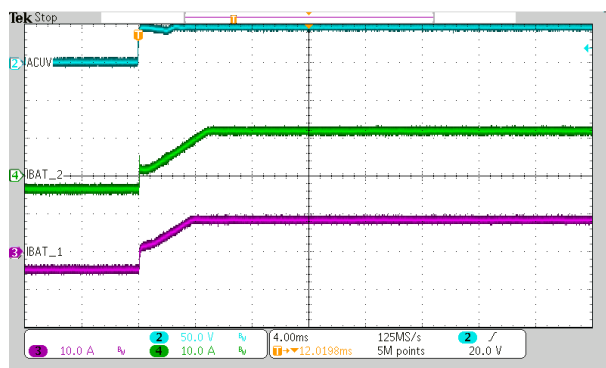
BQ25822 先提供 20A 的充电电流 (每个 EVM 提供 10A), 然后转换为 10A 的补充电流 (每个 EVM 提供 5A)。

图 4-2. 正向至反向模式的转换恢复



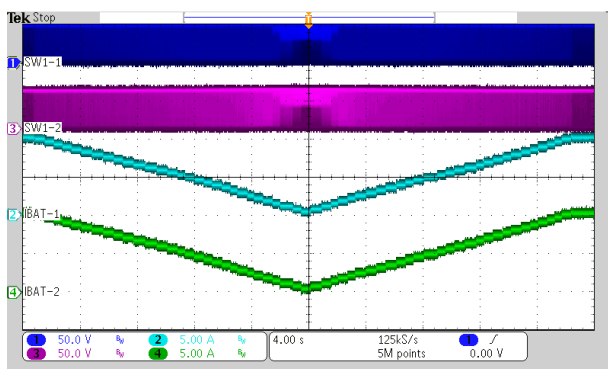
当 ACUV 被拉至高电平时, BQ25822 会在 150µs 内转换为正向充电模式

图 4-3. 正向至反向模式的转换时间



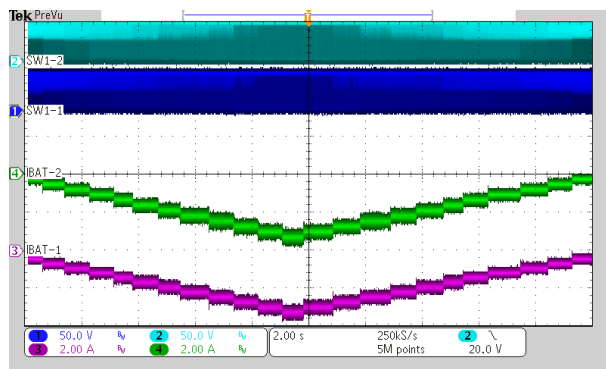
BQ25822 先提供 10A 的补充电流 (每个 EVM 提供 5A), 然后转换为 20A 的充电电流 (每个 EVM 提供 10A)。

图 4-4. 正向至反向模式的转换恢复



通过调节 ILIM_HIZ 引脚上的 PWM 信号, 可使 BQ25822 在正向模式下升高或降低充电电流。

图 4-5. 正向模式电流控制



通过调节 ILIM_HIZ 引脚上的 PWM 信号, 可使 BQ25822 在反向模式下升高或降低补充电流。

图 4-6. 反向模式电流控制

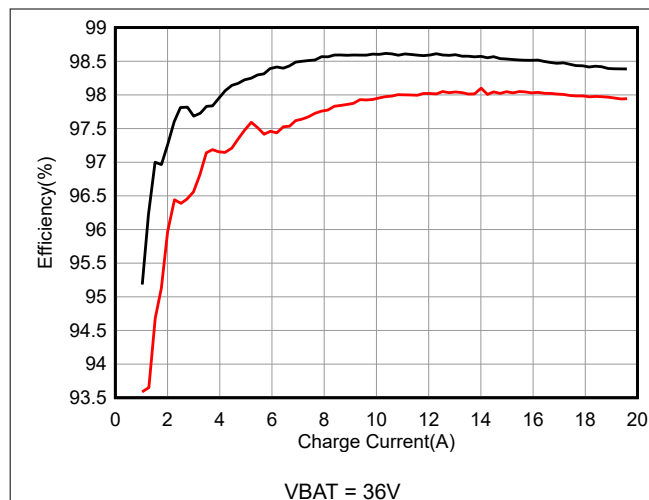


图 4-7. 正向模式效率 (9 节串联电池配置)

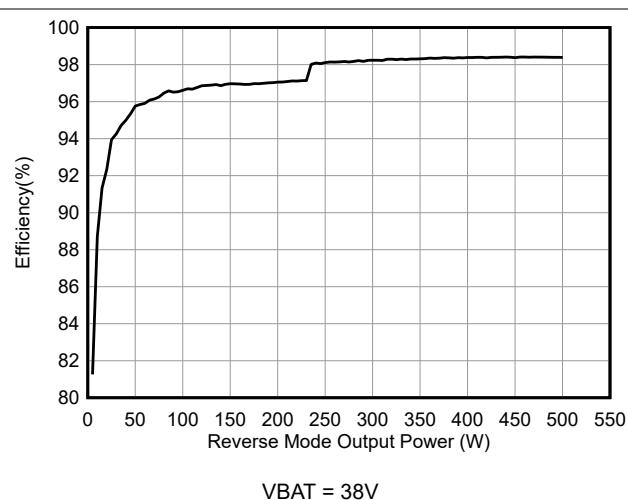


图 4-8. 反向模式效率 (9 节串联电池配置)

5 总结

本应用手册介绍了将 BQ25822 应用于大功率超级电容器备用电源系统的实用方法。文中通过 20kW 的设计实例，清晰展示该器件在实际系统中的应用方式，同时梳理出大功率运行场景下的关键设计步骤。

测试证实，当负载快速变化时（这种情况常给备用电路带来挑战），BQ25822 仍能可靠运行。这确保了在主电源响应速度不足或功率不够的短期峰值事件期间，系统能维持供电。结果证实，BQ25822 可有效应用于需稳定电流调节与快速转换响应的大功率设计。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [BQ25822：独立的降压和升压备用电源控制器](#)，数据表。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月